

# 小学校理科教材としてのふりこやじろべえ

吉川 直志・岡 愛由美\*

## Study of the Teaching Materials for Elementary School Science, Using the Balancing Toy for an Understanding Swinging Cycle of Pendulums

Tadashi YOSHIKAWA and Ayumi OKA

### 要旨

ふりこの等時性は小学校5年生で学ぶのであるが、私たちはふりこを身近に感じることはない。そのために学んだことがどこかで生かされているということを実感することもない。実際には大きさとゆれ方の関係としてふりこの動きの理解は私たちの生活の中で重要な役割を持っている。この研究では、子どものころから親しんでいるやじろべえをふりことして使うことで、ふりこの長さと周期の関係を大きさとやゆれ方の関係として捉えて、イメージを持って理解できる教材として提案する。大きさ、長さが異なるやじろべえを一斉にゆらせることで、ゆれる周期の違いが現れることからやじろべえがダンスを踊る。これを利用してふりこの動きを理解し、大きさとゆれ方の関係の理解につなげるための一つの教材とする。

### はじめに

小学5年生理科「ふりこの動き」でふりこの等時性を学ぶ。ふりことは紐におもりをぶら下げたもので、すこしずらして揺らすと同じ周期で往復運動をするものである(図1)。そのふりこの周期はおもりの重さにはよらず、ふりこの長さだけによることを、小学校5年生の理科で実験を通して学んでいく。しかしながら、この学びがその後定着しているのかは疑問である。重いおもりと軽いおもりでは、重いおもりの方が速く動いたり、振れたりすると考えている学生が多くいるように感じるからである。このふりこの実験は、おもりをゆらしてその周期を測るという単純なものであるが、地球の重力加速度が物の種類や重さ(質量)によらず同じであるという万有引力の法則を初めて実感する大事な実験である。また、身のまわりには多くのふりこが存在し、紐とおもりだけの単純なふりこ以外にも、剛体ふりこ、実体ふりことして目にしているはずである。例えば、腕のふりも実体ふりことして捉えることが出来る<sup>(1)</sup>。腕の長い人、つまり、身長の高い人の腕の振りは周期がゆっくりとなり、それに呼応して歩く一歩の出る速さもゆっくりと

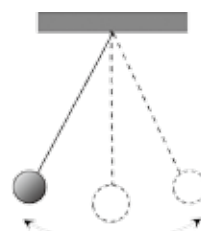


図1：ふりこ

\* 名古屋市立宮根小学校

なる。逆に、身長の高い子どもたちの腕は長く、短いふりことしてそのふりの周期は速くなることで、一步一步の出る速さは速くなると単純に考えることもできる。大きい動物の動作はゆっくりで小さい動物の動きは俊敏であるというイメージにもつながってくる。小学校5年生で学ぶふりこの動きが、長いもの、大きいものはゆっくり振れ、短いもの、小さいものは速く振れるという考え方につながっていけば、ここでの学習が生活に生きてくると言える。こう考えると、小学校5年生理科の1単元である「ふりこの動き」の学びの重要性和その後の知識の定着の必要性が理解できる。

そこで、この研究では、まず、ふりこに関する知識の定着や個々の持つイメージ、および生活の中で実感するふりこの現状を知るため、名古屋女子大学の児童教育学専攻1年生にふりこについてのアンケートをとる。その結果に基づき、身近なふりこによる実感の伴った小学校からのふりこを学ぶ教材の提案を行い、小学校の「ふりこの動き」の学びが実感を伴うものとなり、また、その後の生活の中にも生きていくような教材の利用方法について研究する。

## 1. ふりこの動きに関するアンケート調査

小学校5年生で学ぶ「ふりこの動き」について、名古屋女子大学児童教育学科の小学校教員を目指す学生の持つ知識を調査し、小学校での学びがその後どう定着し、生活の中で生きているのか調べるためにアンケート調査を行った。

### アンケートの方法

対象：名古屋女子大学文学部児童教育学科 児童教育学専攻1年生 72名

アンケート項目

① 重い金属と軽いプラスチックのふりこではどちらが速く振れると思うか。

また、その理由について。

② 私たちの身のまわりにあるふりこは何か（複数回答可）。

実施日：平成27年5月12日

### 調査結果

アンケート項目①の結果は図2のように、66%が重い金属のふりこが速く振れると回答した。金属のふりこが速く振れると思う理由については、「重いから」というものが大半であった（47人中39人）。アンケート項目②の結果は図3のようになり、その回答では、ふりこ時計が最も多いが、それを見たことがあるという程度であった。また、その他の回答においても、ブランコやメトロノームといった教科書で紹介されているものも見られたが、その他には身の回りのふりこを実感しているというものはなかった。

### アンケート結果の考察

学生へのアンケートによると、重いおもりのふりこが速く振れるという誤ったイメージの定着がみられる。つまり、小学校で行なったはずのふりこの実験の印象は薄く、その後の経験な

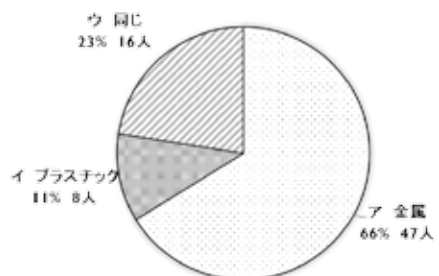


図2：金属とプラスチックのふりこではどちらが速く振れると思うか（平成27年5月実施：文学部1年生72名）

どから変容してしまったと考えられる（4章参照）。また、身の回りのふりこについての問いには、見たことがある程度である振り子時計が最も多く、ふりこは身のまわりに存在するとは思われていないことがわかる。ふりこに理科の中だけで出会うというのでは実感が持てず、学んだことが生かされないのも当然であると言える。そこで、ふりこの学びが生活で生かされるために、この研究では、幼稚園・保育園のころから何度も作って遊んだ経験のある「やじろべえ」（図4）に注目し、やじろべえの大きさとゆれ方の関係を見ることで大きさとゆれ方の関係を実感し、ふりこの動きでの学びに結び付けて考えられる教材を提案することにする。

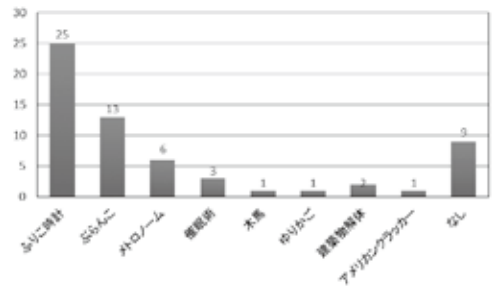


図3：身のまわりのふりこは何か（複数回答可）  
（平成27年5月実施：文学部1年生72名）

## 2. やじろべえを使ったふりこ教材の研究

### ふりこやじろべえ

やじろべえ（図4）は左右の腕を持ち、真ん中の支点で支えると左右に揺れるが倒れないという玩具である。やじろべえの動きとなるためには、やじろべえの重心が支点の下に来る必要がある。そのために両腕におもりをつけたり、腕を下げたりする。つまり、やじろべえつくりのポイントは、重心位置を真ん中の支点よりも下にくるように腕や真ん中の芯の長さを調節することである。図5のように、正確ではないが近似的に、やじろべえも支点から下の重心までのふりこと見ることができる。つまり、やじろべえの揺れる周期も、ふりこと同じように支点と重心位置までの距離が長ければゆっくりゆれることになる。身近なふりこの例の一つとしてやじろべえを使うことも可能であるということである。ふりこでは紐の長さによって周期が変わ

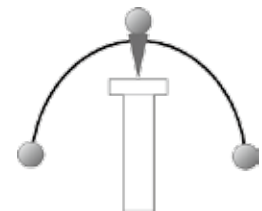


図4：やじろべえ

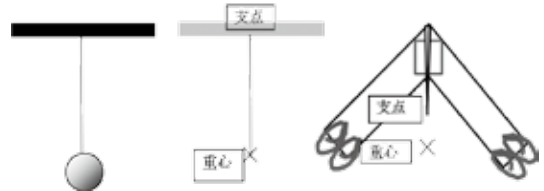


図5：ふりこやじろべえの重心位置

り、やじろべえでは支点から重心位置までの距離、つまりおもりをつける腕の長さによって重心位置が決まり周期も変わることになる。この関係を使ってやじろべえをふりことして扱うことにする。やじろべえをふりことして扱うことで、他の大きさのあるものが揺れたり振動したりする場合においてもふりこ関係があるという考えを持てると考える。

### 研究方法：やじろべえを使ったふりこ教材開発

ふりこは紐の長さ（支点からおもりの重心までの距離）を  $\ell$  とすると、重力加速度  $g$  を使って1往復する周期  $T$  は

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}} \quad (1)$$

と表される。その周期はふりこの長さ $l$ だけによる。つまり、ふりこの長さ $\sqrt{l}$ を長くすると、この関係にそって周期は大きくなっていくことになる。この関係を使い、ふりこの長さをすこしずつ変えて、それを並べ齊に振らせると、少しずつ周期が変わっていくことからふりこの振れ方で波ができるペンデュラムウェーブというものが作られる（図6）。



図6：ナットで作ったペンデュラムウェーブ

図6のように、紐の長さを変えて並べるだけで不思議なふりこの動きを再現できる。短いふりこほど速く振れることから少しずつ互いの振れ方の差が大きくなりダイナミックな連続したふりこの波となって形が現れることになる。やじろべえもふりこと考えることができるなら、同じようにやじろべえのウェーブが作れるはずである。そこで、やじろべえを使ったペンデュラムウェーブとしてのふりこの教材を考案した。今回作ったものは、単純に作れ、少しずつ腕を伸ばすことで重心位置を簡単に変えていくことができるように、L字の厚紙でやじろべえを作ることにした（図7）。

#### やじろべえの作成方法

- ① L字の厚紙を用意。
- ② 腕の長さL cmを15cm～50cmまで、八つの大きさを用意。
- ③ つまようじを2本、紙を挟むようにテープでまん中につける。
- ④ 腕の先に安定するようにクリップをつけ、調節する。（図5）
- ⑤ 8つの大きさの異なるやじろべえを作って同時に振らせる。

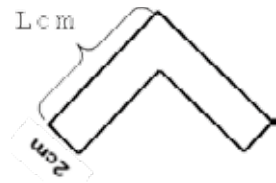


図7：L字の紙で作ったやじろべえ

図8のようなL字の厚紙やじろべえの腕の長さを5 cmずつ変えて作り、それを並べる（図9）。図8のように、大きさの異なるやじろべえは順に支点から重心までの距離が変わっていくことになり、同時にふらせると、やじろべえはダンスを踊ることになる（図10）。つまり、前の小さいやじろべえほど周期が速く、速く揺れるために順々に顔が現れてダンスを踊るように見えてくる。これによって、小さい方が速く揺れ、大きい方がゆっくりゆれることが見て分かることになる。ここで、やじろべえの制作上で工夫した点としては、となり同士がぶつからず振れるように、支点となる芯はつまようじを2本使って紙を挟んで作り揺れる方向を安定化させた。

やじろべえの重心は、紙の上には無く空間に現れる。その重心位置を、つり下げ法によってその位置を測定することができる（図11、図12）。真っすぐにぶら下げた時、重心は、支点（芯）の真下にある（図11の左）、もう一か所、腕の先からぶら下げた時には（図11の右）、下げたところの鉛直下方向に重心位置がある。つまり、中心線との交点が重心位置となる。腕が長くな



図8：大きさの異なる8種類のやじろべえ(腕の長さ $L=15\sim 50\text{cm}$ )



図9：やじろべえのペンデュラムウェーブ

ればそれだけ重心の位置が下がり支点からの距離が長くなることが確認できる。また、すこしずつ支点から重心までの距離を長くしていくことを考慮し、おもりで調整していくこともできる。



図10：8つの大きさのやじろべえによるダンス。前の小さいやじろべえが速くゆれる。

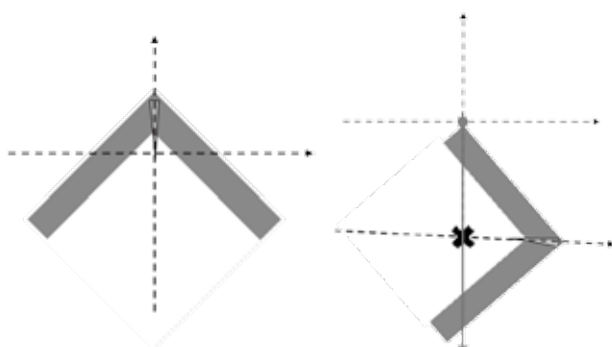


図11：つり下げ法による、やじろべえの重心探し。腕の先からぶら下げると、その真下と中心線の交点が重心



図12：やじろべえの重心探し

表1に、今回作成した8つのやじろべえの腕の長さで重心位置の簡易測定値を示す。ここで、周期の比の欄は、やじろべえは剛体ふりこであるので正確ではないが、単純に支点と重心

表1：やじろべえの腕の長さで重心位置

番号	腕の長さ (cm)	支点からの重心の距離 (cm)	周期の比 1	周期の比 2
1	15	1.3	1.0	
2	20	3.5	1.64	1.0
3	25	5.2	2.0	1.22
4	30	6.7	2.27	1.38
5	35	8.9	2.62	1.59
6	40	10.5	2.84	1.73
7	45	11.8	3.01	1.84
8	50	13.7	3.25	1.98

のふりこと考えたときの周期の比を表した。つまり、式(1)に従って、ある腕のやじろべえを基準に $\sqrt{l}$ の比として周期の比とした。やじろべえの重心探しは小学校の内容を超えているので、小学校で使う場合はこの関係を基にして、やじろべえの腕の長さを変えることで大きさと周期の違いを比較する参考とする程度で良いと考えている。

### ふりことしてのやじろべえ教材利用

小学校5年生で学ぶふりこについて、身近に感じさせる方法の一つとしてやじろべえの利用を提案した。ひもの長さより、大きさとして捉えた方が理解しやすい面があると考えている。身の回りの物や人、動物においても大きいものの動作はゆっくりで、小さいものの動作はすばしっこいというイメージを持つ。このイメージとの比較によって、ふりこを一般化して捉えられるのではないかと期待している。

平成27年12月13日に行われた瑞穂区瑞穂児童館でのクリスマス会（図13）において、やじろべえを作る科学イベントを行った。そこで、大きなやじろべえと小さなやじろべえでのゆれ方の違いを参加している子どもたちに考えさせてからやって見せるということを行い、やじろべえの大きさによるゆれ方の関係について興味を持ってもらうことができた。やじろべえであれば大きいとゆっくりゆれるというイメージは持ちやすいようである。この導入のゆれ方の違いを見た後に、ここで提案した大きさの違う8つのやじろべえの教材を使ってゆれ方の違いを見せた。そこでは8つのやじろべえのダンスに不思議がる様子が見られた。



図13：児童館クリスマス会での科学イベント

### 考察

やじろべえは、子どものころから作って慣れ親しんでいる。今回紹介したやじろべえならだれでも簡単に作ることができる。また、遊びながらゆれ方の違いと大きさの関係も知ることができることから、やじろべえを利用して私たちのまわりのふりこを身近に感じ、ふりこの等時性が生活の中で生きてくることが感じられるような教材づくりの活動になると言える。大きさの違うやじろべえを並べることで、ゆれ方（周期）の違いが明確になり、また、顔や体の絵を



つけたやじろべえのダンスに不思議を感じることによって印象に残り、ゆれ方と大きさという見方考え方として定着することを期待する。

## ふりこの誤解

ふりこの動きに関するアンケート結果（図2）によると、金属球とプラスチック球のおもりのふりこでは、金属球の重いおもりのふりこが速くゆれるというイメージを多くの学生が持っている。これは、身近な現象の中でのイメージから来ていると考えられる。物を落とした時、軽い綿や紙はゆっくり落ちるが、ビー玉や鉄球はストンと速く落ちることを私たちは知っている。これは軽い物は空気抵抗を受けてゆっくりと落ちるのに対し、重い物は自分の重さが空気抵抗に勝って速く落ちることから、それが落ちる速度の違いとして現れる。空気という「物」が存在するため、空気の重さと比べてどれくらい重いかにより、空気を押しのける力が異なるためである。ここにふりこに対する誤解を生む原因があると考えられる。球形の物と横に広いものでも、形によっても落ちる速さは異なる。これも空気抵抗による違いからくる。そこで、同じ球形の物体で比べれば重さによる速さの違いは小さくなるということになる。実際に、小学校5年生で行うふりこの実験は球形のおもりを用いる。実験ではふりこの重さ、長さ、振れ幅の条件の中の一つだけを変えたときの1往復する時間、つまり周期の変化を測定する。その実験結果から長さだけが周期と関係していることを知る。おもりの重さは周期には関係しないということから、重力による加速度は重さによらないということをここで学ぶのである。万有引力として地球上すべてのものに対し同じように $9.8\text{m/s}^2$ の重力加速度がかかっている。すべてのものは地球の中心に向かって同じ速さで落ちていく。これは中学校で学ぶ自由落下運動の速さを求める公式  $v [\text{m/s}] = g [\text{m/s}^2] t [\text{s}]$  から読み取れる。ふりこであってもおもりが地球に引っ張られ、おもりの重さが変わっても同じ加速度で落ちていくために、振れる速さは変わらないことになる。

ふりこの紐の長さが長くなったとき、振れる方向への加速度が変わらないにもかかわらず、なぜ、ふりこの周期が変わるのだろうか。その原因は、移動する距離の違いから来ている。ふりこの紐の長さが長くなるとおもりが1往復する距離が長くなり、その分、時間がかかることになる。図14で見ると、ふれ始めから最低点までの距離は紐の長さによって変わっていることが分かる。図14でAの位置からBの位置までの移動距離Lと加速度a、所要時間tの関係は

$$L = at^2/2 \quad (2)$$

となる。ふりこの糸の長さを2倍にすると、Lが2倍、加速度は等しいために変わらず、 $t^2$ が2倍になる。つまり時間tは $\sqrt{2}$ 倍になる。ふりこの糸の長さがS倍になると、周期は $\sqrt{S}$ 倍となる。ここから、ふりこは紐の長さ $l$ に対して $\sqrt{l}$ 倍の周期で振れることが分かる。

もう一つの条件である振れ幅を考えてみる。これはイメージを持つことが難しい点である。図15のようにふりこの角度を2倍にすると、ふりこの移動距離も2倍になり、時間がかかるように考えられるが、振れ幅が変わるとおもりが振れる方向への力、加速度が大きくなるため周期としては変わらないことになる。鉛直方向への力は同じでも紐の張力との合力は、振れ幅の

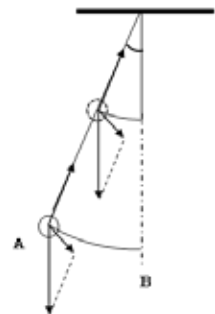


図14：ふりこの紐の長さと周期の関係

角度の違いから進行方向への力の違いとして現れる。振れ幅が2倍になると、進行方向への加速度も2倍となる。式(2)  $L = at^2/2$  よりLが2倍、aが2倍になると  $2L = 2at^2$  となり、時間tは変わらないことになる。

実際のふりこの現象の理由を理解することは難しい所がある。小学校ではその理由に触れず、ふりこの動きとして、地球の重力が全ての物にかかっていることを、実験を通して実感するようになっていく。イメージとして学ぶために、他の印象深い現象から誤解につながってしまうことになると言える。

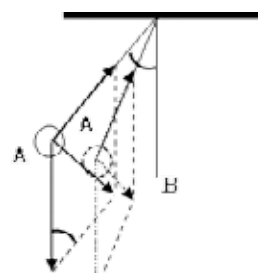


図15：振れ幅と周期の関係

## 今後の展開

この論文で、ふりこの動きとしてのやじろべえを用いることで、大きいものはゆっくりゆれ、小さいものは速く揺れるというイメージを持てる教材の提案を行った。身近に感じられないふりここと違い、親しみやすいやじろべえを用いることで、実感につながる経験から、現象の実感につながるのではないかと考えている。この論文で紹介したやじろべえのペンデュラムウェブかは比較的簡単に作れ、面白い動きを見ることができる。隣同士ぶつからないようにゆらせることが難しい所であるが、誰でもいつでも作って楽しめるおもちゃともなる。今後、この教材がふりこの学びを助ける一教材とできるかを検討していきたい。

## 謝辞

この研究では、理科教育（物理）研究室のゼミ生による科学イベントでの実施や、研究上の多くの協力を頂きました。理科教育（物理）研究室ゼミ生の、安藤紗衣氏、磯村梨奈氏、江藤彩乃氏、沖柚希氏、尾崎真帆氏、上尾彩夏氏、中瀬真歩氏、向井風夏氏に感謝します。

## 参考文献

- (1) 藤原邦夫：物理学序論としての力学, 東京大学出版会 基礎物理学1, (1984).
- (2) 岡愛由美：名古屋女子大学文学部卒業論文, 「子どもたちに理科の楽しさを伝える方法の研究—やじろべえの科学—」, (2016).
- (3) 吉川, 岡：日本科学教育学会研究会報告書 Vol.30, No.9 (2016).